

## APORTE DE ACIDOS GRASOS ESENCIALES DE LAS SERIES n-6 Y n-3 A LA DIETA HUMANA POR PESCADOS COMESTIBLES DEL RIO PARANA

RODOLFO R. BRENNER, ANA M. BERNASCONI

*Instituto de Investigaciones Bioquímicas de La Plata (INIBIOLP), Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de La Plata*

**Resumen** Se estudió la composición de los ácidos grasos de los lípidos musculares de los pescados comestibles del río Paraná: Dorado (*Salminus maxillosus*), Boga (*Leporinus affinis*), Patí (*Luciopimelodus pati*) y Surubí (*Pseudoplatistoma coruscans*) con el fin de conocer su valor alimenticio en cuanto al aporte de ácidos grasos esenciales de las series n-6 y n-3. Las carnes de estos pescados son relativamente magras y sus lípidos contienen sólo entre 35% y 38% de ácidos grasos saturados. Todos los pescados estudiados tienen cantidades substanciales de ácidos poliinsaturados n-6, principalmente linoleico y araquidónico y de ácidos n-3, principalmente los ácidos docosahexenoico, docosapentenoico, eicosapentenoico y  $\alpha$ -linoléico. La carne de Patí es la que más ácidos n-6 aporta a la dieta con un valor índice de 306 mg por 100 g de músculo y le siguen Boga, Dorado y Surubí. La mayor proporción de ácidos n-3 es aportada por los músculos de Dorado con 183 mg por 100 g de músculo y le siguen Patí, Boga y Surubí. Más del 90% de los lípidos que aportan estos ácidos son triacilglicérols para el Dorado, Boga y Patí. En el caso del Surubí, del orden del 60% son triacilglicérols y el resto fosfolípidos. El contenido de colesterol de la carne de los pescados de agua dulce analizados no pasa de 4,7  $\mu$ g por gramo de músculo para el Patí y es menor para los otros ejemplares estudiados. Los pescados considerados resultan ser una buena fuente de ácidos grasos poliinsaturados tanto n-6 como n-3 para la dieta de la población mediterránea del país.

**Palabras clave:** ácidos grasos esenciales en pescados, ácidos grasos n-3, ácidos grasos n-6, ácido docosahexenoico, nutrición

Si bien en 1929 Burr y Burr<sup>1</sup> demostraron la esencialidad de los ácidos grasos linoleico y  $\alpha$ -linoléico en la dieta de la rata pasaron varias décadas antes que se demostrara la importancia de esos ácidos y sus ácidos poliinsaturados derivados por desaturación y elongación, series n-6 y n-3 respectivamente, en la fisiología humana<sup>2</sup>.

Los ácidos más importantes de estas series son el ácido eicosatrienoico o dihomogama linoléico (20:3n-6) y el araquidónico (20:4n-6) de la serie linoleica o n-6 y el eicosapentenoico

(20:5n-3) y docosahexenoico (22:6n-3) de la serie  $\alpha$ -linoléica o n-3. Los ácidos 20:3n-6, 20:4n-6 y 22:5n-3 se transforman en el organismo en eicosanoides con importantes funciones en la agregación plaquetaria, inflamación, etc.

Los ácidos linoleico y  $\alpha$ -linoléico de la dieta humana se transforman respectivamente en 20:3n-6 y 20:5n-3 y 22:6n-3 en el hombre<sup>3,5</sup>. Sin embargo, la reactividad de las enzimas desaturantes involucradas en esas transformaciones en humanos no es muy grande, de modo que resulta importante recibir directamente en la dieta los ácidos altamente no saturados, especialmente los ácidos de la serie n-3: 20:5n-3 y 22:6n-3<sup>6</sup>. La ingestión directa de estos ácidos de la serie n-3 en cantidad suficiente pero siempre balanceada<sup>7,8</sup> con los de la serie n-6 es muy necesaria

Recibido: 22-IV-1996

Aceptado: 28-VIII-1996

**Dirección postal:** Dr. Rodolfo R. Brenner, INIBIOLP, Facultad de Ciencias Médicas, Calles 69 y 120, 1900 La Plata, Argentina

fundamentalmente para el recién nacido, pero también para el adulto. En el caso del recién nacido tienen importancia para el desarrollo cerebral dado que forman parte de las membranas del tejido nervioso<sup>9</sup>.

Los peces marinos son muy ricos en ácidos de la serie n-3, especialmente los 20:5n-3 y 22:6n-3 que se encuentran depositados en sus triacilglicerolos y fosfolípidos. En consecuencia constituyen la fuente alimenticia más importante de esos ácidos y es recomendada en el mundo entero. Los lípidos de los animales terrestres poseen principalmente ácidos polietilénicos de la serie n-6 y entre ellos el ácido araquidónico (20:4n-6). Dado que en nuestro país existe un consumo importante de pescados de agua dulce en la cuenca del río Paraná interesa conocer el aporte que ellos hacen de ácidos polietilénicos n-3 y n-6 que no es el mismo de los peces marinos y así balancear las dietas. Este es el objetivo del presente trabajo.

Hace varias décadas ya habíamos estudiado la composición de los ácidos grasos de las grasas de depósito de los peces del Río de la Plata: sábalo (*Prochilodus lineatus*)<sup>10, 11</sup>, armado (*Pterodoras granulosus*)<sup>12</sup>, boga (*Leporinus affinis*)<sup>13</sup> y bagre blanco (*Pimelodus albicans*)<sup>14</sup> y demostrado la presencia de ácidos 22: 6n-3 en ellos. Sin embargo, las composiciones halladas por los métodos en boga en aquella época (destilación fraccionada a alto vacío) eran muy imprecisas, de modo que es necesario actualizarlas por cromatografía gaseosa capilar.

## Material y métodos

### *Pescados y tejidos seleccionados*

Se analizaron los ácidos grasos de los siguientes pescados comestibles: Dorado (*Salminus maxillosus*), Boga (*Leporinus affinis*), Patí (*Luciopimelodus pati*) y Surubí (*Pseudoplatistoma coruscans*). Son peces del río Paraná, obtenidos directamente de una pescadería de Rosario en septiembre 1995 y que se recibieron eviscerados y congelados. El peso de esos pescados era superior a 1 kg y en el caso del Surubí superaba los 4 kg.

En todos los pescados se separó la parte de músculo comprendida entre la aleta dorsal y ventral. Se separó la dermis que se descartó. En el caso del surubí, se obtuvieron dos muestras dado que mostraba diferencias la zona dorsal de la zona ventral y se denominaron surubí d y surubí v.

### *Extracción de lípidos totales y composición de ácidos grasos*

Las muestras de músculo de los pescados fueron homogeneizadas en mortero y los lípidos extraídos con  $\text{Cl}_3\text{CH}:\text{HOCH}_3$  (2:1)<sup>15</sup> y lavados. Una alícuota de la solución fue empleada para determinar la cantidad de lípidos totales por gravimetría.

En los lípidos totales se determinó la composición cuali- y cuantitativa de los ácidos grasos por cromatografía gaseosa capilar y temperatura programada. Para ello a una alícuota de los lípidos totales se le agregó un estándar interno de ácido eicosanoico (20: 0), se saponificó la muestra y se esterificaron los ácidos grasos con metanol<sup>16</sup>.

La composición de los ésteres metílicos de los ácidos grasos se analizó en un cromatógrafo Shimadzu GC-9A usando una columna capilar Omega wax 250 de 30 m con 0,25 mm ID. Las condiciones de trabajo fueron: temperatura de inyección 250°C, temperatura del detector 250°C, temperatura inicial de columna 185°C durante 3 min seguida de un incremento de 3°C/min y una temperatura final de 230°C durante 19 min. Como gas de transporte se usó helio. La relación del «split» fue 1:50. Los ésteres metílicos de los ácidos grasos se identificaron comparando las muestras con estándares auténticos y en base a sus tiempos de retención relativos. Los resultados se expresaron como porcentaje relativo de ácidos grasos y como  $\mu\text{g}$  de ácido por gramo de músculo.

### *Fraccionamiento de los lípidos totales en polares y neutros*

Entre 50 y 100 mg de los lípidos totales de cada pescado se redisolieron en 3 ml de cloroformo y se les agregó 25 veces su peso de ácido silícico activado, agitando vigorosamente un minuto. De esta manera los fosfolípidos (lípidos polares) quedan adheridos al ácido silícico, y los triacilglicerolos (lípidos neutros) permanecen solubles. Se los filtró en un Buchner con placa filtrante y se lavó el precipitado dos veces con cloroformo, reuniendo los lavados con el soluble. Constituyen los lípidos neutros. Los fosfolípidos se eluyen del ácido silícico, lavándolo tres veces con 2 ml de metanol. Ambas fracciones fueron cuantificadas gravimétrica-mente expresándose los resultados como porcentajes del total de lípidos.

Cada fracción de lípidos neutros y polares fue analizada por cromatografía gaseosa, determinándose la composición de los ácidos grasos según se indicó anteriormente.

### *Contenido de colesterol*

El contenido de colesterol de las muestras de lípidos totales de cada pescado fue determinado previa saponificación de los mismos y extracción del insapo-

nificable con éter de petróleo en medio alcalino. Se utilizó la técnica de Huang et al.<sup>17</sup>

**Resultados**

El contenido de lípidos en los tejidos animales no es un valor constante y varía según la especie, zona considerada, etc. En nuestro estudio tienen el valor de indicadores para la «carne» de la zona lateral del cuerpo de los pescados. En los pescados de agua dulce estudiados se observa cierta variación según la especie (Tabla 1). La Boga y el Patí tienen porcentajes superiores al 3%, el Dorado 2,57% y el Surubí según la zona considerada alrededor del 1%. En consecuencia, el aporte de lípidos en la dieta humana será más bajo consumiendo Surubí.

La composición detallada de los ácidos grasos de los lípidos totales musculares de esos pescados está compilada en la Tabla 2. En todas las muestras la composición es complicada, con un predominio de ácido oleico (18:1n-9) que es considerado muy adecuado en la dieta del punto de vista cardiovascular y un total de ácidos monoetilénicos entre el valor mínimo de 36% para el Surubí d y 51% máximo para la Boga. Todos los pescados analizados tienen un valor muy constante y relativamente bajo de ácidos grasos saturados entre 35% y 38% constituido principalmente por ácido palmítico y en segundo lugar esteárico: que son los factores lipídicos negativos en las enfermedades cardiovasculares.

El valor nutricional de estos pescados radica, sin embargo, en el contenido de ácidos de la serie n-6 y n-3. Ambas series se hallan presentes a diferencia de los peces marinos que sólo poseen la serie n-3. La serie n-6 está representada principalmente por el ácido linoleico y en menor por-

TABLA 2.— Porcentaje de ácidos grasos en lípidos totales

Ac. graso	Dorado	Boga	Patí	Surubí v	Surubí d
12:0	—	—	—	0,28	0,55
14:0	0,54	2,31	0,38	1,81	0,23
Ant. 15:0	0,68	—	0,48	—	—
15:0	0,34	0,41	0,22	0,53	0,47
16:0	23,98	27,79	28,01	26,63	26,16
16:1 n-7	9,96	9,00	12,04	5,41	4,80
7 Me 16:0	0,39	—	0,42	0,47	0,28
Iso 17:0	0,43	—	0,38	0,66	0,41
16:2 n-4	1,15	—	—	0,48	0,82
16:3 n-4	0,68	0,38	—	—	—
16:3 n-1	—	—	0,10	—	—
16:4 n-3	—	—	0,12	0,28	0,43
18:0	8,70	7,40	7,02	7,74	7,76
18:1 n-9	35,11	36,97	27,28	31,25	27,86
18:1 n-7	0,25	3,85	5,90	2,34	2,28
18:2 n-6	4,32	5,46	7,21	11,44	12,40
18:3 n-6	0,28	0,28	0,27	0,39	0,39
18:3 n-3	2,90	0,76	2,71	2,01	1,84
18:4 n-3	—	0,14	—	—	—
20:1 n-9	1,71	0,51	1,40	1,04	0,95
20:1 n-7	—	0,94	—	—	—
20:3 n-6	0,51	—	0,53	—	0,42
20:4 n-6	2,11	0,58	1,92	1,01	3,67
20:3 n-3	0,41	1,51	—	—	—
20:4 n-3	0,48	—	0,36	0,36	—
20:5 n-3	1,31	0,22	0,31	0,95	1,27
22:1 n-9	—	—	0,94	—	—
21:5 n-3	—	0,18	0,19	—	0,26
22:2 n-6	0,43	0,39	—	0,43	0,58
22:4 n-6	0,30	0,23	0,49	0,80	1,13
22:5 n-3	1,21	0,32	0,25	0,89	1,16
22:6 n-3	1,81	0,38	1,06	2,80	3,89
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Σ Ac. sat.	35,06	6,94	10,42	14,07	18,59
Σ Ac. monoinsat	47,03	51,27	47,56	40,04	35,89
Σ n-3	8,12	3,51	5,00	7,29	8,85
Σ n-6	7,95	6,94	10,42	14,07	18,59

TABLA 1.— Contenido de lípidos en la carne de pescado

Especie	mg líp/g músculo	% de lípidos
Dorado	25,67	2,57
Boga	38,74	3,87
Patí	34,52	3,45
Surubí v	16,56	1,66
Surubí d	8,62	0,86

porción por el ácido araquidónico, ambos esenciales en la dieta humana, además de otros componentes menores de la serie. La serie n-3 está principalmente representada por el ácido

$\alpha$ -linolénico y el docosahexenoico, éste muy importante en la función cerebral y en la retina, aunque también hay eicosapentenoico y otros ácidos de la serie.

El pescado que más porcentaje de ácidos n-6 posee es el Surubí y el que menos tiene es la Boga. Sin embargo, debemos ser cautos al considerar cuál es el pescado que aporta más ácidos de esta serie en el músculo debido al contenido diferente de lípidos. Como se ve en la Tabla 3 en la que se expresan las composiciones en microgramos de ácidos aportados por gramo de músculo que el aporte mayor de ácidos n-6 lo hacen el Patí (con 306 mg por 100 g de tejido) y en orden decreciente la Boga, el Dorado y en último lugar el Surubí.

En lo que hace a los ácidos grasos de la serie n-3 (Tabla 3) el pescado más recomendable por su aporte mayor sería el Dorado (con un aporte de 183 mg por 100 g de tejido) y en forma decreciente, el Patí, la Boga y por último el Surubí. Eso ocurre a pesar de que los lípidos del Surubí poseen el más alto porcentaje de ácido 22: 6n-3 (Tabla 2).

Los lípidos musculares de los pescados fueron fraccionados en lípidos polares (fosfolípidos) y lípidos neutros (triacilglicérolos) y en la Tabla 4 se detalla la distribución correspondiente. Se observa que tanto para el Dorado, la Boga y el Patí los triacilglicérolos constituyen más del 90% de los lípidos de los tejidos y son los que más influyen en la composición de los ácidos grasos de la «carne» de esos pescados. Los músculos del Surubí no son solamente magros sino también relativamente pobres en triacilglicérolos y entre un 35 y 45% de los lípidos totales son fosfolípidos.

La composición de los ácidos grasos de los lípidos neutros del músculo está resumida en la Tabla 5. En ella se observa la presencia de ácidos polietilénicos de ambas series n-6 y n-3 en cantidades substanciales, salvo en la Boga donde el contenido de n-3 es muy bajo. En otras palabras, estos triacilglicérolos, es decir las grasas en los pescados: Dorado, Patí y aun Boga, son los que contribuyen al aporte principal de los ácidos de las series linoleica y  $\alpha$ -linolénica (Tabla 6).

El análisis porcentual de los ácidos grasos de los lípidos polares, constituidos principalmente por fosfolípidos, de los pescados de río estudiados muestra una importante concentración en todos los ácidos polietilénicos n-6 y n-3 (Tabla 7). Esta

es una característica de los fosfolípidos de todas las especies animales. En especial el porcentaje de ácido araquidónico oscila alrededor del 11% para el Patí y el Surubí, pero sólo llega entre el 2 y 3% para Dorado y Boga. Es digno de remarcar el alto porcentaje de ácido docosahexenoico ha-

TABLA 3.— Lípidos totales. Microgramos de ácido graso por gramo de músculo

Ac. graso	Dorado	Boga	Patí	Surubí v	Surubí d
12:0	—	—	—	38	39
14:0	121	823	110	249	16
Ant. 15:0	154	—	142	—	—
15:0	77	146	66	73	34
16:0	5.408	9.923	8.230	3.659	1.870
16:1 n-7	2.246	3.213	3.538	744	343
7 Me 16:0	89	—	124	64	20
Iso 17:0	97	—	112	91	29
16:2 n-4	260	—	—	66	59
16:3 n-4	154	135	—	—	—
16:3 n-1	—	—	29	—	—
16:4 n-3	—	—	35	38	31
18:0	1.963	2.641	2.064	1.064	554
18:1 n-9	7.919	13.202	8.017	4.293	1.991
18:1 n-7	57	1.374	1.733	322	163
18:2 n-6	974	1.950	2.117	1.571	887
18:3 n-6	62	99	80	54	28
18:3 n-3	654	272	797	277	132
18:4 n-3	—	50	—	—	—
20:1 n-9	386	184	412	143	68
20:1 n-7	—	336	—	—	—
20:3 n-6	114	—	157	—	30
20:4 n-6	477	207	565	139	263
20:3 n-3	92	538	—	—	—
20:4 n-3	107	—	106	49	—
20:5 n-3	296	77	90	130	91
22:1 n-9	—	—	278	—	—
21:5 n-3	—	66	56	—	19
22:2 n-6	97	139	—	60	42
22:4 n-6	68	83	143	109	81
22:5 n-3	273	113	73	123	83
22:6 n-3	408	136	310	384	278
Total	22.554	35.706	29.386	13.738	7.148
$\Sigma$ n-3	1.830	1.252	1.468	1.001	632
$\Sigma$ n-6	1.793	2.478	3.062	1.932	1.329

TABLA 4.— Distribución de los lípidos entre neutros y polares

Especie	% lípidos neutros	% lípidos polares
Dorado	99,51	0,49
Boga	96,77	3,23
Patí	89,90	10,10
Surubí v	65,30	34,70
Surubí d	55,07	44,93

TABLA 5.— Porcentaje de ácidos grasos esenciales importantes en lípidos neutros

Ac. graso	Dorado	Boga	Patí	Surubí v	Surubí d
18:2 n-6	3,94	5,24	6,39	9,03	8,79
18:3 n-3	3,28	0,87	2,96	2,65	2,36
20:4 n-6	2,18	1,56	1,30	1,08	1,16
20:5 n-3	1,57	0,25	0,82	0,63	0,63
22:5 n-3	0,83	0,39	0,96	0,54	0,38
22:6 n-3	1,99	0,30	1,35	1,18	1,29
Σ ác. sat.	38,59	38,03	37,78	34,67	34,28
Σ ác. monoinsat	44,41	50,33	45,37	48,42	48,64
Σ n-3	8,63	1,81	6,09	5,00	5,34
Σ n-6	6,98	8,41	9,07	11,41	11,28

TABLA 6.— Lípidos neutros. Microgramos de ácidos grasos esenciales importantes por gramo de músculo

Ac. graso	Dorado	Boga	Patí	Surubí v	Surubí d
18:2 n-6	683	1.522	1.307	750	328
18:3 n-3	568	253	605	220	88
20:4 n-6	378	453	266	90	43
20:5 n-3	272	72	168	52	24
22:5 n-3	144	113	196	45	14
22:6 n-3	344	86	275	98	48
Σ n-3	1.493	525	1.244	415	199
Σ n-6	1.208	2.442	1.854	947	422

TABLA 7.— Porcentaje de ácidos grasos esenciales importantes en lípidos polares

Ac. graso	Dorado	Boga	Patí	Surubí v	Surubí d
18:2 n-6	3,67	5,11	4,26	5,98	6,75
18:3 n-3	2,51	0,85	1,28	1,12	0,16
20:4 n-6	2,62	3,23	11,22	10,92	10,74
20:5 n-3	1,32	—	3,96	3,20	3,62
22:5 n-3	1,51	0,46	4,21	3,30	3,46
22:6 n-3	4,41	1,38	15,79	14,17	14,85
Σ ac. sat.	42,63	39,16	34,28	35,81	34,15
Σ ác. monoinsat	36,53	46,72	16,69	13,97	13,23
Σ n-3	10,73	3,58	25,62	22,95	24,24
Σ n-6	8,06	9,82	21,24	24,69	25,56

llado en los fosfolípidos del Patí (15,79%) y Surubí (entre 14,17 y 14,85%). Los mismos pescados tienen cantidades significativas de eicosapentenoico (n-3) y docosapentenoico (n-3), Tabla 7.

La contribución al valor dietético de la «carne» de los pescados estudiados en cuanto a su aporte a la dieta de los ácidos polietilénicos de los fosfolípidos puede verse en la Tabla 8. En ella se observa inmediatamente que el aporte en peso de los ácidos n-6 y n-3 por el músculo del pescado es muy pequeño en el Dorado y la Boga, pero adquiere un valor significativo en el Patí y Surubí.

TABLA 8.— Lípidos polares. Microgramos de ácidos grasos esenciales importantes por gramo de músculo

Ac. graso	Dorado	Boga	Patí	Surubí v	Surubí d
18:2 n-6	2,53	32,50	70,06	125,87	122,43
18:3 n-3	1,73	5,38	21,00	23,62	2,97
20:4 n-6	1,81	20,58	184,76	229,82	194,31
20:5 n-3	0,91	—	65,19	67,40	66,13
22:5 n-3	1,04	2,92	69,28	69,36	62,75
22:6 n-3	3,04	8,81	260,03	298,10	269,11
Σ n-3	7,40	22,79	445,81	513,96	466,10
Σ n-6	5,55	62,47	349,67	519,86	462,90

Ambas series son aportadas en una relación aproximada 1:1.

Para valorar la importancia dietética de una carne de pescado no sólo importan la proporción de ácidos grasos poliinsaturados que aporta y su relación con los saturados sino también su contenido de colesterol. En la Tabla 9 se observa que el contenido de colesterol total de los lípidos de los pescados analizados es bajo y el aporte máximo que realizaría la carne de pescados del río Paraná a la dieta humana sería de 4,7 µg por gramo de músculo para el Patí, de 4 µg más o menos para el Surubí y de menos de 2 µg para el Dorado y la Boga.

TABLA 9.— Contenido de colesterol

Especie	% colesterol en lípidos totales	µg de colesterol/g de músculo
Dorado	0,71	1,81
Boga	0,46	1,79
Patí	1,33	4,68
Surubí v	2,48	3,71
Surubí d	4,30	4,14

### Discusión

Los ácidos grasos de las series linoleica n-6 y α-linolénica n-3 se transforman en el organismo de acuerdo a los conceptos más modernos por medio de una secuencia de reacciones de desaturación, elongación y β-oxidación según puede verse en la Fig. 1<sup>a</sup>. Esto significa que si bien existe un significado fisiológico individual

específico de ciertos ácidos polinsaturados de las series mencionadas tales como el ácido eicosatrienoico n-6 (dihomogama linolénico), araquidónico n-6, eicosapentenoico n-3 y docosahexenoico n-3, el grupo total de ácidos n-6 y n-3 tienen, respectivamente, un valor alimenticio conjunto. Los ácidos grasos de la serie n-3 compiten con los ácidos de la serie n-6 en la constitución de los lípidos de los tejidos de modo que una relación balanceada es necesaria. Además, el ácido araquidónico n-6 produce en las plaquetas Tromboxanos 2 de poderosa acción coaguladora de la sangre, en cambio el ácido eicosapentenoico de la serie n-3 produce también Tromboxanos 3, competitivos pero de muy baja actividad, de modo que ambos compiten entre sí desde este punto de vista. Competencia similar en lo que se refiere al efecto inflamatorio en los tejidos se observa con los leucotrienos serie 4, derivados del araquidónico n-6, con los leucotrienos serie 5 derivados del eicosapentenoico n-3.

Según resulta de analizar la Tabla 1, los músculos del Dorado, Boga, Patí y Surubí son bastante magros en el contenido lipídico, sobre todo el Surubí. Sin embargo, las Tablas 2 y 3 muestran que esos lípidos contienen cantidades significativas del punto de vista nutricional de los ácidos grasos n-3 y también n-6. Por consiguiente, si bien no se comparan con los peces marinos muy ricos en ácidos n-3, eicoapentenoico y docosahexenoico, tratándose de alimentos autóctonos de una zona poblacional mediterránea como es Rosario y la cuenca del Paraná, pueden contribuir exitosamente a aumentar el porciento alimenticio de esos ácidos.

Estos peces de río a diferencia de los marinos poseen también cantidades significativas de

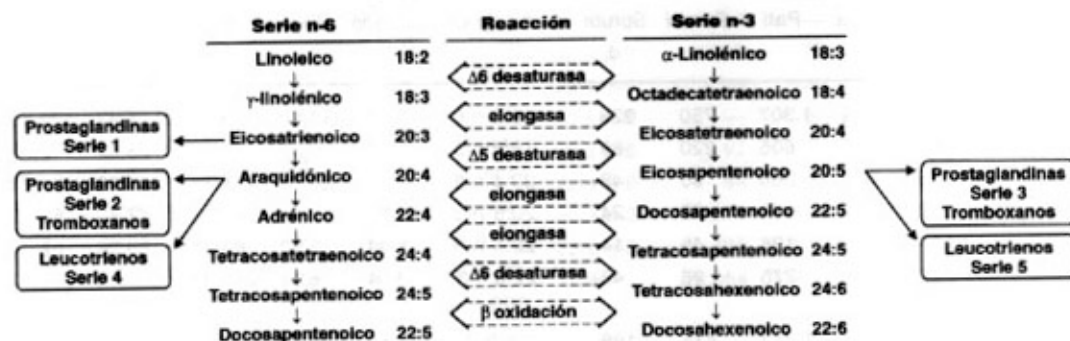


Fig. 1.— Series de los ácidos grasos esenciales n-6 y n-3 y sus transformaciones en el organismo animal.

los ácidos n-6, linoleico y araquidónico que también son esenciales en la nutrición. Sus cantidades son equivalentes a los ácidos n-3 (Dorado) o aun la duplican (Boga, Patí y Surubí) de modo que las carnes de esos pescados son también recomendables de este punto de vista.

Según Horrobin<sup>8</sup> en la mayor parte de las células la relación de ácidos grasos n-6 a n-3 está comprendida entre 3-5:1 de modo que en los pescados del río Paraná considerados hay un aporte mayor relativo de ácidos n-3 que n-6 que puede compensar el suministro de ácidos grasos n-6 de otras fuentes alimenticias terrestres.

De las Tablas 5 a 8 se deduce claramente también que excepto para el Surubí los ácidos grasos esenciales musculares son principalmente aportados por los triacilgliceroles, es decir las grasas, y no por los fosfolípidos constituyentes. De cualquier manera el valor alimenticio de ambos lípidos es equivalente.

Por otro lado la Tabla 9 muestra que el contenido de colesterol total de las carnes de los pescados de agua dulce estudiados es baja especialmente para el Dorado y la Boga, de modo que no afectan mucho su nivel en la dieta.

En conclusión, el Dorado, la Boga, el Patí y el Surubí, pescados en el río Paraná son una buena fuente alimenticia humana de ácidos grasos esenciales de la serie n-6 y n-3 para los habitantes de la zona y alrededores, si bien no son equivalentes a los peces marinos que tienen un contenido más alto en ácidos grasos n-3.

**Agradecimientos:** Este trabajo fue realizado con el apoyo económico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CIC) y Efamol Research Inc. (Canadá).

## Summary

*Essential fatty acids on n-6 and n-3 series supplied to human diet by edible fish from Paraná river*

The fatty acid composition of muscle lipids from edible fish from Paraná river such as Dorado (*Salminus maxillosus*), Boga (*Leporinus affinis*), Patí (*Luciopimelodus pati*) and Surubí (*Pseudoplatistoma coruscans*) was studied in order to determine their food value in relation to essential fatty acid n-3 and n-6 supply. Flesh from these

fishes is relatively lean and its lipids only contain 35% to 38% saturated fatty acids. Significant amounts of n-6 polyethylenic acids, mainly linoleic, arachidonic and the n-3 acids, docosahexaenoic, docosapentaenoic, eicosapentaenoic and  $\alpha$ -linolenic are found in these fishes. Patí flesh is the most abundant in n-6 acids with a value of 306 mg/100 g muscle, followed by Boga, Dorado and Surubí. A large proportion of n-3 acids is supplied by muscles of Dorado, 183 mg/100g muscle, followed by Patí, Boga and Surubí. More than 90% of the lipids that supply these acids are present in triacylglycerols in Dorado, Boga and Patí. In Surubí, triacylglycerols constitute 60% and the remaining lipids are phospholipids. Cholesterol content in flesh of fresh water fish was analyzed, and it did not exceed 4.7  $\mu$ g/g muscle for Patí, being lower for the other species studied. Fish considered in this work represent a good dietary source of polyunsaturated fatty acids either n-6 or n-3 series for the mediterranean population in our country.

## Bibliografía

1. Burr BO, Burr MM. A new deficiency disease produced by rigid exclusion of fat from the diet. *J Biol Chem* 1929; 82: 345-67.
2. Brenner RR. Los ácidos grasos esenciales y sus funciones. *Acta bioquím clín latinoam* 1993; 27: 3-38.
3. Gómez Dumm INT de, Brenner R. Oxidative desaturation of  $\alpha$ -linolenic, linoleic and stearic acids by human liver microsomes. *Lipids* 1975; 10: 315-7.
4. El Bustani S, Cause JE, Descamps B, Monnier L, Mendy F, Crastes De Paulet A. A direct in vivo characterization of Delta 5 desaturase activity in humans by deuterium labeling: Effect of insulin. *Metabolism* 1989; 38: 315-21.
5. Marra CA, Alaniz MJT de. Incorporation and metabolic conversion of saturated and unsaturated fatty acids in SK-Hep 1 human hepatoma cells in culture. *Mol Cell Biochem* 1992; 117: 107-8.
6. Dyerberg J, Bang OH, Aagard O.  $\alpha$ -Linolenic acid and eicosapentaenoic acid. *Lancet* 1980; 1: 199.
7. Horrobin DF. Interactions between n-3 and n-6 essential fatty acids (EFA) in the regulation of cardiovascular disorders and inflammation. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 1991; 44: 127-31.
8. Horrobin DF. Abnormal membrane concentrations of 20 and 22-carbon essential fatty acids: A common link between risk factors and coronary and peripheral vascular disease. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 1995; 53: 385-96.
9. Uauy R, Hoffman DR. Essential fatty acid requirements for normal eye and brain development. *Seminars in Perinatology* 1991; 15: 449-55.
10. Brenner RR. Composición química de las grasas de depósito del *Prochilodus lineatus* (Sábalo) Parte I:

- Paniculo dorsal. *An Asoc Quím Arg* 1953; 41: 61-74.
11. Brenner RR. Composición química de las grasas de depósito del *Prochilodus lineatus* (Sábalo) Parte II: Grasa muscular. *An Asoc Quím Arg* 1953; 41: 177-93.
  12. Brenner RR, San Martín AR, Cattáneo P. Composición química del depósito graso mesentérico del *Pterodoras granulosus* (Armado). *An Asoc Quím Arg* 1954; 42: 95-107.
  13. Brenner RR, Quaglia SA, Cattáneo P. Composición química de la grasa mesentérica del *Leporinus affinis* (Boga). *An Asoc Quím Arg* 1954; 42: 192-212.
  14. Brenner RR, Reinke WHE, Cattáneo P. Composición química del depósito graso mesentérico del *Pimelodus albicans* (Bagre). *An Asoc Quím Arg* 1955; 43: 67-77.
  15. Folch J, Lees M, Stanley S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J Biol Chem* 1951; 226: 497-503.
  16. Morrison WR, Smith LM. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethyl-acetals from lipids with boron fluoride-methanol. *J Lipid Res* 1964; 5: 600-8.
  17. Huang TC, Chen CP, Wefler V, Raftery A. A stable reagent for the Lieberman-Buchard reaction. Application to rapid serum cholesterol determination. *Anal Chem* 1961; 33: 1405-7.
  18. Sprecher H, Luthrea DL, Mohammed BS, Baykousheva SP. Reevaluation of the pathways for the biosynthesis of polyunsaturated fatty acids. *J Lipid Res* 1995; 36: 2471-7.

*Science cannot solve the ultimate mystery of nature. And that is because, in the last analysis, we ourselves are part of the mystery that we are trying to solve.*

La ciencia no puede resolver el misterio último de la naturaleza. Y eso es por qué, en último análisis, nosotros mismos somos parte del misterio que tratamos de resolver.

Max Planck (1858-1947)

*Where is Science going?* Epilogue (tr. by J. Murphy)